Aus dem
Institut für physikochemische Medizin der Universität Kiel
(Direktor: Professor Dr. H. Schade)

Ein Beitrag zur Funktion der Lamellenkörperchen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

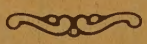
vorgelegt von

Richard Kiel

aus Eckernförde/Barkelsby

Kiel 1933

Meinen lieben Eltern



Nr. 95

Rektoratsjahr 1933/34

Referent: Prof. Dr. **H. Schade**

Korreferent: Prof. Dr. **Schiffenhelm**

Zum Druck genehmigt:

Prof. Dr. **Külz**, z. Zt. Dekan

Wenn man die noch heute gebrauchten und empfohlenen Lehrbücher der Anatomie und Histologie einsieht oder sich an anatomische und histologische Vorlesungen erinnert, um etwas über die Funktion der *Vater-Pacini*schen Körperchen und damit allgemein der Lamellenkörperchen zu erfahren, so wird man diese Körperchen meist als Tast- oder Drucksinnesorgane bezeichnet finden. Gemäß der Funktionserklärung der älteren Autoren [1] müßte also eine Erregung des sensiblen Achsenzylinders rein durch mechanische Einwirkung von außen zustande kommen. Bewiesen ist diese Annahme durch niemand. Selbst *Schumacher* noch, der mit als erster versucht, durch Experimente Aufschluß über die Funktion dieser Körperchen zu erlangen, kommt auf Grund anatomischer und topographischer Befunde zu der Auffassung, daß eine Steigerung des Blutdruckes in einer Arterie ebenfalls eine Drucksteigerung in einem ihr dicht anliegenden Lamellenkörperchen hervorruft. Erst *Schade* kommt durch Vergleich der *Vater-Pacini*schen Körperchen mit einem Osmometer auf den Gedanken, daß das Lamellensystem geeignet wäre, auf osmotische Veränderungen der Umgebung so zu reagieren, daß ein vermehrter oder verminderter Druck auf den Nerven entsteht.

Als letzter Autor wäre noch *Clara* zu erwähnen, der histologische und topographische Befunde vom Bau des Schnepfenschnabels mit den Gedanken und Versuchsergebnissen von *Schumacher* und *Schade* verknüpft und auf dieser Basis im wesentlichen zu einer Bestätigung der Auffassung von der Funktion der Lamellenkörperchen kommt, wie sie von *Schade* in seinem Lehrbuch dargelegt ist.

Die Grundlage zu *Schades* Ausführungen sind unveröffentlichte Untersuchungen, die dieser bereits vor dem Krieg an Körperchen aus dem

[1] Ich muß darauf verzichten, hier auf die Literatur näher einzugehen. Man findet eine sehr erschöpfende Zusammenstellung, sowohl die Morphologie als die Physiologie betreffend, bei *M. Clara*.

Mesenterium der Katze angestellt hat. Diese Versuche bilden ebenfalls den Ausgangspunkt dieser Arbeit. Des weiteren soll aber besonders versucht werden zu erkennen, ob überhaupt und inwieweit eine Parallele zwischen osmotischem und onkotischem Druck in der Beeinflussung der *Vater-Pacini*schen Körperchen besteht.

Die Versuche und ihre Ergebnisse.

Die *Vater-Pacini*schen Körperchen (s. Abb. 1) gehören zu den lamellösen Nervenendkörperchen.

Zentral liegt die abgeplattete Nervenfaser, eingebettet im Innenkolben, der bei den *Vater-Pacini*schen Körperchen aus einer homogenen, eiweißartigen Substanz besteht. Darauf folgen nach außen deutlich abgrenzbar ein inneres und ein äußeres Lamellensystem. Die Lamellen entstehen durch allmähliche Entfaltung der Scheiden des markhaltigen Nerven, so daß die zentrale Nervenfaser dem Achsenzylinder, der Innenkolben der *Schwann*schen Scheide und der Außenkolben (Außenlamellen) den perineuralen Scheiden entspricht. Ontogenetisch sind sie bereits im 3. bis 5. Fetalmonat nachweisbar *(Rauber, Hartenstein)*. Die Körperchen sind mit zwei Nerven und mehreren Gefäßen versorgt. Kleine Arterien dringen außer im Stiel auch an anderen Stellen in das Kapselsystem ein. Die Form der Körperchen ist meist kugelig bis ellipsisch; sie paßt sich den Spannungsverhältnissen der Umgebung an. Die Größe schwankt zwischen 0,2—1,0 mm Länge und 0,05—0,4 mm Breite. (Die *Vater-Pacini*schen Körperchen im Mesenterium der Katze sind durchschnittlich größer.) Um eine Vorstellung von der Verbreitung der Körperchen zu haben, mögen einige Zahlen angeführt werden, die natürlich nur Mindestzahlen sind. *Rauber* zählte an Hand und Fuß (ohne Plantar- und Palmarfläche) 1700 Lamellenkörperchen; *Herbst* gibt die Summe der Körperchen an einer Hand, in der sie nach seinen Erfahrungen noch nicht einmal reichlich vorhanden waren, mit 608 an. Ich selbst habe bei oberflächlicher Zählung im ganzen Mesenterium und am Pankreas bei Katzen 150—450 Körperchen gefunden. Von den Reptilien an aufwärts in der Wirbeltierreihe besitzt jedes Tier Lamellenkörperchen.

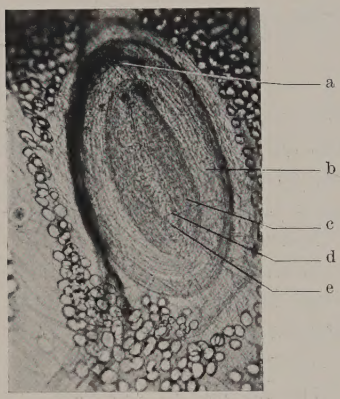


Abb. 1. *Vater-Pacini*sches Körperchen aus dem Mesenterium der Katze. Vergr. etwa 45×. a Stiel des Körperchens; b äußeres Lamellensystem; c inneres Lamellensystem; d Innenkolben; e Nervenfaser.

Das Lamellensystem der Körperchen läßt sich von zwei Richtungen beeinflussen, von der Umgebung, d. h. vom Bindegewebe aus, oder von den Gefäßen aus, mit denen die Körperchen reichlich versorgt sind.

Demnach lassen sich die Versuche in zwei Gruppen teilen. Einmal ist das Verhalten der frisch herauspräparierten Körperchen bei Einwirkung verschiedener Lösungen von außen her beobachtet, zum andern die Reaktion der Körperchen im lebenden Körper auf Injektionen von Flüssigkeiten in die Blutbahn. Des weiteren kann man die Versuche teilen in solche, die das osmotische Verhalten und in solche, die das onkotische Verhalten der Körperchen zeigen [1].

In allen Versuchen sind sonst im Leben nicht vorkommende extreme Zustände hergestellt, um große, objektiv meßbare Ausschläge zu erhalten. Von jedem angeführten Versuch sind die Plattennegative vorhanden.

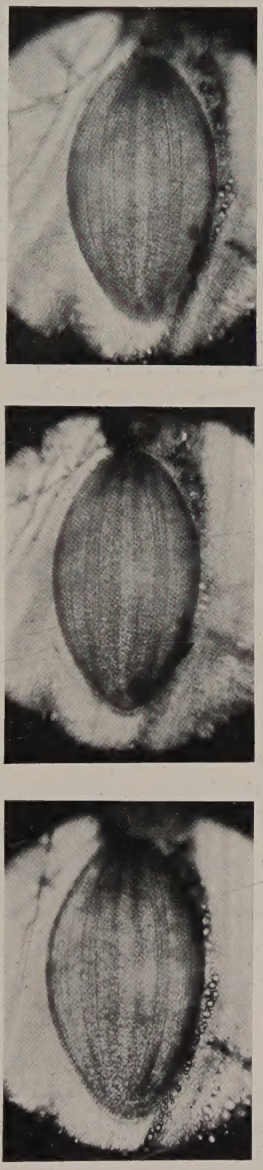


Abb. 2a–c. Aufnahme der Körperchen des 2. Versuches in der Tabelle 1. Osmose-Versuche: a starke Änderung. b c

I. Osmose-Versuche.

Das Verhalten der Körperchen in hyper- und hypotonischen Ringerlösungen.

Als Versuchstiere dienten nur Katzen, in deren Mesenterium die *Vater-Pacini*schen Körperchen reichlich und gut zugänglich vorhanden sind.

Es wurden möglichst junge Tiere ausgewählt, da bei diesen das Fettgewebe noch nicht so stark entwickelt ist und die Körperchen sich deshalb leichter frei präparieren lassen. Die Katzen wurden in Äthernarkose getötet. Zu den Versuchen mit exstirpierten Körperchen benutzte ich dieselben Rahmen, wie sie schon von *Schade* angewandt wurden. Das Mesenterium mit möglichst freiliegenden Körperchen wird ganz ohne Spannung und Zerrung zwischen die beiden Platten des Rahmens eingeklemmt, herausgeschnitten und in Ringerlösung gelegt. Dann wird das eine Blatt des Mesenteriums vorsichtig mit zwei Nadeln vom Körperchen, ohne dies

[1] Da die Bezeichnung „Quellungsdruck oder kolloidosmotischer Druck" für die wasseranziehende Kraft in flüssigen Eiweißlösungen nicht genügen kann, ist von *H. Schade* der allgemeinere und nichts voraussetzende Begriff „onkotischer Druck bzw. Onkose" vorgeschlagen und angewandt. Dieser Auffassung wird auch in dieser Arbeit Rechnung getragen.

Tabelle 1.

Versuch Nr.	In Ringerlösung		10 ccm Ringerlösung + 0,09 g NaCl		5 ccm Ringerlösung + 5 ccm Aqua dest.			
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
I	370	205	340	189	395	210		
II	710	395	660	370	690	380		
III	530	265	515	255	540	270		
IV	590	265	580	260	590	265	600	275
	IK 510	IL 83	IK 500	IL 83	IK 505	IL 85	IK 515	IL 89
V	700	435	690	430	705	430	710	435

In Versuch I—II blieben die Körperchen je 30 Min. in jeder Lösung, in Versuch III je 45 Min., in Versuch IV und V je 60 Min. IK Innenkolben; IL inneres Lamellensystem.

zu verletzen, abgehoben. In einer flachen Schale, von Ringerlösung bedeckt, kann dann das Präparat, wenn die Strukturen und Konturen des Körperchens deutlich und frei sind, photographiert werden. Alle Versuche mit exstirpierten Körperchen sind in dieser Weise angestellt. Wenn in der Tabelle nicht anders angegeben, so blieben die Körperchen immer eine halbe Stunde in den verschiedenen Lösungen und wurden jedesmal vor dem Wechsel getypt. Sämtliche Aufnahmen sind mit dem Phokuapparat von Zeiß gemacht, der auf jedes Mikroskop aufgesetzt werden kann; als Objektiv benutzte ich den Apochromat V. Es lassen sich alle Körperchen — sehr große ausgenommen — bequem auf die $4^1/_2 \times 6$ cm-Platte bringen. Zum Vergleich und zur Ausmessung der verschiedenen Typen eines Versuchs wurden die Negative mit ungefähr zehnfacher Vergrößerung mittels einer Bogenlampe projiziert.

Die Versuche beweisen eindeutig die Richtigkeit der Angaben von *Schade*; die Körperchen schrumpfen in hypertonischen und quellen in hypotonischen Salzlösungen, und zwar unter Beteiligung sämtlicher Schichten, einschließlich des Innenkolbens.

Tabelle 2. Breite des äußeren und inneren Lamellensystems in verschiedenen Versuchsreihen.

	Versuch II, Tabelle 1			Versuch IV, Tabelle 1			
Äußeres Lamellensystem	305	385	293	185	180	185	190
Inneres Lamellensystem	90	85	87	80	80	85	90

	Versuch VIII, Tabelle 7		Versuch IX, Tabelle 7		Versuch IX, Tabelle 6		Versuch X, Tabelle 6	
Äußeres Lamellensystem	215	230	200	200	175	160	160	150
Inneres Lamellensystem	65	70	95	95	75	65	85	80

Die Tabelle 2 läßt deutlich erkennen, daß bei Schrumpfung und Quellung gleichsinnig sowohl äußeres wie inneres Lamellensystem betroffen sind

Wird aber die Zeit der Einwirkung der Lösung auf das Körperchen herabgesetzt auf 2 Minuten, wie in den Versuchen der Tabelle 3, so ist eine Veränderung nur des äußeren Lamellensystems festzustellen.

Tabelle 3. Kurzfristige Versuche. Verhalten der Körperchen in hyper- und hypotonischen Ringerlösungen.

Versuch Nr.	In Ringerlösung		10 ccm Ringerlösung + 0,09 g NaCl		5 ccm Ringerlösung + 5 ccm Aqua dest.	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
I	655	305	650	305	670	305
	IK 80		IK 80		IK 80	
II	535	270	530	265	540	268
	IK 350	IL 130	IK 350	IL 130	IK 350	IL 130
III	375	275	570	265	573	270

In Versuch I—III blieben die Körperchen je 2 Min. in jeder Lösung.

Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, ist das osmotische Verhalten der Körperchen bei geänderter Reihenfolge der Salzlösungen dasselbe.

Tabelle 4. Das Verhalten der Körperchen in hypo- und hypertonischen Ringerlösungen.

Versuch Nr.	In Ringerlösung		5 ccm Ringerlösung + 5 ccm Aqua dest.		10 ccm Ringerlösung + 0,09 g NaCl	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
I	710	365	730	370	710	350
II	525	255	530	260	510	245

II. Onkose-Versuche.

Tabelle 5. Das Verhalten der Körperchen in normalem und verdünntem Serum.

Versuch Nr.	In Ringerlösung		In Serum		1 ccm Serum + 9 ccm Ringerlösung		1 ccm Serum + 9 ccm Ringerlösung	
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite
I	670	350	670	350	—	—	680	350
II	740	340	730	345	730	340	730	340
III	740	325	735	320	740	320	—	—
		IL 80		IL 80		IL 80		
IV	665	315	665	315	665	315	—	—
	IK 350	IL 60	IK 350	IL 60	IK 350	IL 60		

Auf eine Veränderung des onkotischen Druckes (Tabelle 5) in der Außenflüssigkeit sprechen die *Vater-Pacini*schen Körperchen nicht an. Jedenfalls sind die Unterschiede in den Maßen nicht groß und gleichmäßig genug, um sie als entsprechende Reaktion auf Hyper- und Hypoonkie auffassen zu können. Der onkotische Druck ist also nicht imstande

an semipermeablen Membranen bei beiderseits gleichem osmotischem Druck eine nennenswerte Wasserverschiebung zu bewirken.

Abb. 3a—c. Aufnahmen der Körperchen des 4. Versuches in der Tabelle 5. Onkose-Versuche: meßbare Änderung fehlt.

Die Ausführung der Versuche der Tabelle 6 gestaltete sich folgendermaßen: Es wurden junge und gesunde Katzen verwandt. In Äthernarkose wurde das Abdomen geöffnet, eine Darmschlinge hervorgezogen und ein von Fettgewebe möglichst wenig bedecktes Körperchen unter das Mikroskop gebracht. Die Darmschlinge mit Mesenterium und Körperchen liegt dabei in einer flachen Schale, von Ringerlösung vollkommen bedeckt, um eine Eintrocknung zu verhüten. Eine große Schwierigkeit besteht nun darin, eine scharfe Aufnahme zu erhalten, denn der Arterienpuls überträgt sich auf das Mesenterium und auf die Flüssigkeit. Einspannen des betreffenden Mesenteriumstückes in einen Rahmen hätte eine Schädigung der die Körperchen versorgenden Gefäße und Nerven zur Folge gehabt. Man muß also das Mesenterium mit den Fingern im Gesichtsfeld fixieren. Andererseits darf man es nicht zu fest halten, da durch erhöhte Spannung die zwischen den Blättern des Mesenteriums liegenden prallelastischen Körperchen plattgedrückt werden und auf der photographischen Platte größer erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Natürlich sind Momentaufnahmen nötig. Nach der Aufnahme und Kennzeichnung des getypten Körperchens wird das Abdomen durch Naht verschlossen, und es beginnen die intrakardialen Injektionen. Bei dieser Technik die Asepsis zu wahren, ist so gut wie unmöglich; man kann darauf verzichten, da eine Peritonitis, wenn sie überhaupt auftritt, erst nach 2 bis 3 Tagen einen zu beachtenden Einfluß hätte. Zum Schluß des Versuchs wird die Katze getötet, das bezeichnete Mesenteriumstück mit dem Körperchen herausgenommen, wie in den ersten Versuchsreihen. Nur darf man jetzt nicht ein Blatt des Mesenteriums abnehmen, da das Körperchen dann nicht mehr derselben

Tabelle 6. Verhalten der Körperchen bei Erhöhung des onkotischen Druckes durch intrakardiale Gelatineinjektion.

Versuch Nr.	Injizierte Gelatine in ccm und %	Dauer des Versuches in Std.	Verhalten der Körper		Serumwerte			
			vor der Injektion	nach der Injektion	p_{onk} mm Wasser	Δ	n_D	
I	17 ccm 4%	24		Konzentration der Gelatine zu gering	—	0,58	42	
II	18 ccm 4%	24		Desgl.	247	0,58	43	
III	17 ccm 4%	24		Desgl.	242	0,55	42	
IV	37 ccm 4%	30		Desgl.	271	—	41	IK durchwegs S-förmig
V	49 ccm 8%	50		lang, schmal, IK berührt fast den oberen Pol der Körperchen	245	—	48,5	
VI	25 ccm 8%	26	Körperchen rund, IK gerade, gesunde Katze	keine deutliche Veränderung	—	—	—	
VII	50 ccm 8%	45	Desgl.	Körperchen langoval, IK an der Spitze umgebogen	255	—	53	
VIII	10 ccm 8%	2	Desgl.	IK krummer	— [2]	—	—	20 gerade [1], 3 gebogen, Katze nach Injektion gestorben
IX	30 ccm 8%	30	Länge 305 Breite 265	Länge 290 Breite 233 IK krummer	—	—	—	27 gerade IK 12 gebog. „
X	20 ccm 8%	26	Länge 410 Breite 245	Länge 370 Breite 215	—	—	—	6 gerade IK 18 gebog. „
XI	20 ccm 8%	14	IK gerade Länge 320 Breite 230 Länge 380 Breite 230 Länge 420 Breite 260	IK gebogen Länge 305 Breite 185 Länge 350 Breite 220 Länge 400 Breite 255	—	—	—	6 gerade IK 16 gebog. „

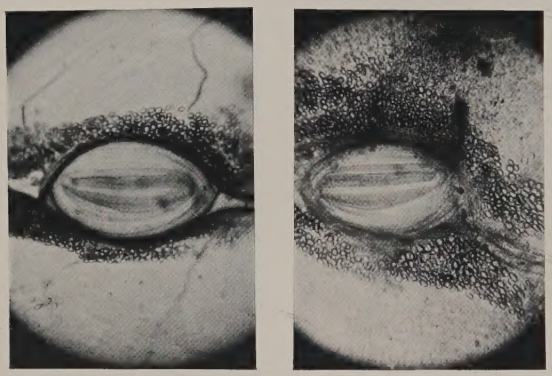
[1] Für die Auszählung der geraden und gebogenen Innenkolben wurden wahllos die für das Objektiv gut erreichbaren Körperchen genommen.

[2] Infolge der ziemlich hohen Konzentration der injizierten Gelatine war das Serum oftmals bei Zimmertemperatur gallertig-fest und eignete sich daher nicht für Messungen, besonders nicht für die Onkometrie. Der onkotische Druck gesunder Katzen wurde zu 24—26 cm Wassersäule gemessen (Methode: *Schade-Kylin*).

Tabelle 6 (Fortsetzung).

Versuch Nr.	Injizierte Gelatine in ccm und %	Dauer des Versuches in Std.	Verhalten der Körper		Serumwerte			
			vor der Injektion	nach der Injektion	P_{onk} mm Wasser	Δ	n_D	
XII	87 ccm	120	Körperchen rund	Anfangsgrade von Verbiegung	270	—	—	8 gerade IK 16 gebog. „
XIII	48 ccm 8%	6	Körperchen rund	Anfangsgrade von Verbiegung	—	—	—	8 gerade IK 9 gebog. „
XIV	27 ccm 8%	10	Länge 620 Breite 350 IK 380	Länge 540 Breite 290 IK 310	330	—	62	

Spannung unterliegt wie bei der ersten Aufnahme. Es ist erstaunlich, wie relativ gut die Katze, besonders junge Katzen, die Operation, die täglich mehrfachen Äthernarkosen und vor allen Dingen Herzpunktionen vertragen.



a b

Abb. 4a u. b. Aufnahmen desselben Körperchens vor und nach der Injektionsbehandlung, Onkoseversuch X der Tabelle 6. Die spiegelbildliche Aufnahme b läßt deutlich erkennen, daß die Krümmung des IK stärker geworden ist.

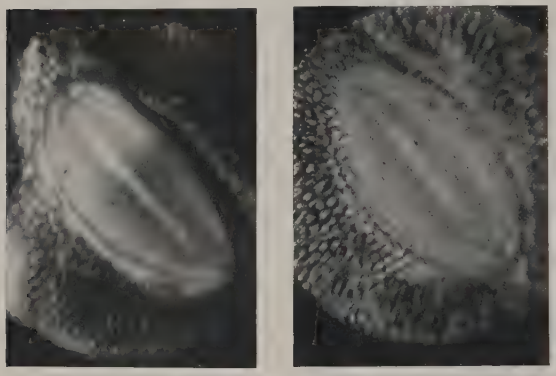
In den ersten vier Versuchen war die Konzentration der Gelatine zu gering, um eine genügende Erhöhung des onkotischen Druckes zu erhalten. Es wurde deshalb eine Konzentration gewählt, bei der die Gelatinelösung bei 37° noch flüssig war. Oftmals wurde das am Ende des Versuchs entnommene Blut bei Zimmertemperatur gallertig fest, so daß es für Untersuchungen ungeeignet war. Bis zum Versuch VIII wurden vor und nach der Injektion nur die Körperchen mikroskopisch betrachtet und auf die Form besonders des Innenkolbens geachtet. Eine objektive Beweisführung gestatten erst die Aufnahmen aus den letzten Versuchen. Aus den angeführten Maßen ist gleichmäßig eine Verkleinerung der Körperchen bei Hyperonkie des Blutes festzustellen, mit meistens besonders starker Veränderung des Innenkolbens. Nach *Schade* wäre es vielleicht möglich, bei einer gesunden Katze von dem Aussehen der Innenkolben Rückschlüsse zu machen auf bereits überstandene Krankheiten, in deren Verlauf onkotische Druckschwankungen im Blut vorkommen.

Tabelle 7. Verhalten der Körperchen bei Erniedrigung des onkotischen Druckes durch Blutentnahme und Injektion von Ringerlösung intracardial (ic.) und subcutan (sc.).

Versuch Nr.	Blutentnahme in ccm	Injizierte Ringerlösung in ccm	Dauer des Versuches in Std.	Verhalten der Körper		Serumwerte			
				vor der Injektion	nach der Injektion	p_{onk} mm Wasser	Δ	n_D	
I	10	18 ic.	3		Körper rundlich	—	0,57	—	
II	20	45 ic.	24		Körper fast kugelig	—	—	44,1	
III	12	15 ic. 10 sc.	24		Körper gerade	112	0,58	34	Lamellen auseinandergedrängt, fast platzend
IV	15	15 ic. 10 sc.	24			—	0,58	38	Veränderung nicht auffällig
V	21	34 ic.	36		Körper rundoval, IK gerade	98	0,56	39	
VI	26	62 ic.	28		Körper rund	66	0,60	36	
VII	35	60 ic.	30			—	—	39,5	
VIII	30	30 ic. 30 sc.	30	Länge 585 Breite 275	Länge 610 Breite 300	—	—	40,3	
IX	85	120 ic.	30	Länge 470 Breite 295	Länge 490 Breite 295	—	—	44	
X	56	80 ic.	30	Länge 510 Breite 280	Länge 505 Breite 280	—	—	45	
XI	30	270 sc.	20	Länge 630 Breite 320	Länge 650 Breite 350	207	—	48,5	
XII	130	240 ic. 520 sc.	144	Länge 660 Breite 330	Länge 700 Breite 345	256	—	48,2	
XIII	30	95 sc.	6	Länge 585 Breite 320 IK 450	Länge 580 Breite 320 IK 465	106	—	34,1	Nicht ein einziger gekrümmter IK
XIV	22	10 ic. 80 sc.	6	Länge 625, 470 Breite 245, 170	Länge 610, 455 Breite 245, 185	205	0,62	44,3	Katze hatte starke Anämie und Diarrhoe, schon vor dem Versuch waren viele IK gebogen

Die Versuchsanordnung einschließlich der Phototechnik ist dieselbe wie bei den Versuchen der Tabelle 6. Es sind hier wiederum anfangs keine Aufnahmen gemacht worden vor der Injektionsbehandlung des Tieres. Aber schon die mikroskopische Betrachtung der Körperchen läßt die sehr deutlichen Unterschiede beim Vergleich mit dem Aussehen der Körperchen bei Hyperonkie erkennen. Die Körperchen sind kugelig und prall gefüllt; sie sehen aus, als ob sie platzen wollten. Der Innenkolben ist so gut wie immer gerade.

Es zeigen dabei die in den Versuchen VIII—XIV vor und nach der Behandlung der Tiere gemachten Aufnahmen gleichsinnig eine Längen- und Dickenzunahme der Körperchen; allerdings scheinbar nicht ganz so gleichmäßig wie in den Versuchen der Tabelle 6. Aber dies Gleichbleiben oder gar Kleinerwerden der Körperchen ist leicht zu verstehen, wenn man die Fehlerquellen beachtet, die der Technik noch anhaften. Bei der Beschreibung der Technik habe ich bereits davon gesprochen. So ist z. B. in Versuch XIII in Wirklichkeit doch eine Quellung eingetreten, da die Länge des Innenkolbens von 450 auf 465 gestiegen ist. Auch das Ergebnis des Versuchs XIV ist im Sinne einer Quellung zu verstehen. Schon *Schade* ist es aufgefallen, daß man bei Katzen mit Diarrhöe regelmäßig gebogene Innenkolben findet, und daß alle Körperchen im Durchschnitt kleiner und schmaler sind als bei gesunden Tieren. Die Katze nun, die beim Versuch XIV genommen worden ist, hatte starken Durchfall und war anämisch, da sie 4 Wochen Stalleben hinter sich hatte. Es waren also vor dem Beginn des Versuches alle Körperchen geschrumpft und die Innenkolben gebogen. Wenn nun ein solches Körperchen quillt, dann nimmt anfangs die Breite zu, und die Länge kann abnehmen, d. h. die Form des Körperchens nähert sich der Kugelgestalt. Von *Schumacher* sind schon ähnliche Versuche gemacht worden von anderen Gesichtspunkten aus, aber mit einem Ergebnis, das mit der Auffassung, die in dieser Arbeit vertreten wird, in Einklang steht.



a b

Abb. 5a u. b. Aufnahmen desselben Körperchens vor und nach der Injektionsbehandlung der Katze. Versuch XI der Tabelle 7: starke Schwellung bei Hypoonkie.

Schumacher ist folgender Ansicht: Wenn der Druck in den Gefäßen erhöht wird und dadurch die Transsudation ins Gewebe hinein vermehrt wird, so müßte aus diesen beiden Gründen eine Schwellung der *Vater-Pacini*schen Körperchen erfolgen. Das erwartete Ergebnis trat auch ein, aber deshalb, weil der onkotische Druck im Gefäßsystem herabgesetzt worden ist, denn *Schumacher* hat Ringerlösung in größerer Menge in die Aorta injiziert. Ebenfalls kann ich mir nicht mit *Schumacher* vorstellen, daß bei Druckanstieg in einer Arterie eine direkte Druckübertragung auf einen dem Gefäß nahe anliegenden prallelastischen Körper, wie ihn das *Vater-Pacini*sche Körperchen darstellt, möglich ist.

Die Körperchen könnten doch höchstens beiseite gedrückt werden. Wenn der von den vielen Kapseln umgebene Nerv erregt werden soll, so muß der Druck innerhalb des Körperchens vorhanden sein, oder, falls der Druck von außen kommen sollte, so müßte er das Körperchen von allen Seiten treffen. Die Lamellen haben also nicht einen mechanischen Faktor, der die Umgebung eines Körperchens trifft oder dort entsteht, zu verstärken und auf den Nerven zu übertragen, sondern es ist viel wahrscheinlicher, daß sie eine etwaige von außen kommende mechanische Reizung des Nerven zu verhindern haben. Es ist dies die Auffassung, zu der schon *Herbst* bei seinen sehr gründlichen Untersuchungen der Lamellenkörperchen gekommen ist. Und was die Wirkung der vermehrten Transsudation anbetrifft, so ist ohne weiteres nicht einzusehen, daß in diesem Falle eine Quellung der Körperchen eintreten muß, da doch die vermehrte Flüssigkeit im Gewebe im osmotischen Druck mit dem Blut übereinstimmt. Eine Reaktion der Körperchen auf onkotische Druckschwankungen im Außenmilieu kommt nicht in Frage, wie aus den oben angeführten Versuchen hervorgeht (Tabelle 5).

Auf die Serumwerte in den Tabellen 6 und 7 ist kein allzu großes Gewicht zu legen; sie zeigen die Richtung der durch die Injektionen angestrebten Veränderungen im Blut an — das ist auch alles. Es ist fast unmöglich, im noch lebenden gesunden Körper durch irgendein Mittel eine längerdauernde Änderung der Blutkonstanten, eine Erhöhung des onkotischen Druckes, z. B. zu erzwingen. Schon bald nach den doch als sehr grob zu bezeichnenden Einspritzungen gelingt es dem Körper, den normalen Zustand wiederherzustellen. Es liegen auch zwischen der letzten Injektion — es wurde im Durchschnitt die in den Tabellen angebene Flüssigkeitsmenge in 3—4 Teilportionen in der angegebenen Zeit, meist um 9, 1 und 6 Uhr, injiziert — und der Tötung der Katze und somit der Gewinnung der Serumwerte meistens 3—10 Stunden. Dadurch ist es leicht erklärlich, daß man oft keine oder nur geringe Abweichungen von den normalen Werten findet. Diese Versuche können also nur den Zweck haben, durch mehrfaches Wiederholen der Gleichgewichtsstörung die Puffer- und Regulierungseinrichtungen zu erschöpfen und zu schädigen. Die Serumwerte sind also nicht immer maßgebend für das Ergebnis der Versuche. Auch ist daran zu erinnern, daß normalerweise bei jungen Tieren, so z. B. bei jungen Hunden und Säuglingen gemessen *(P. Meyer)*, der onkotische Druck niedrigere Werte zeigt als bei älteren Tieren; zu den angeführten Versuchen sind nur junge Katzen verwandt worden. Auch der Einfluß einer Temperatursteigerung ist noch zu beachten. Es ist bei Fieber immer eine geringe Senkung des onkotischen Druckes festgestellt worden. Allerdings ist infolge der kurzen Versuchsdauer und der erstaunlich großen Abwehrkräfte, über die Katzen verfügen, niemals eitrige Peritonitis beobachtet worden. Außerdem ist noch anzuführen, daß auch *Fischberg*, der Kaninchen durch mehrere

Aderlässe anämisch machte, fand, daß der onkotische Druck nicht in demselben Maße wie die Eiweißkonzentration im Blut abgesunken war (zit. nach *Meyer*). Zu erwähnen ist noch, daß bei den Katzen trotz oft hochgradiger Anämie und Eiweißarmut des Blutes nie Ödem gesehen worden ist.

Die Veränderung der *Vater-Pacini*schen Körperchen geht natürlich parallel mit der Veränderung im Blut, nur mit dem Unterschied, daß so starke Formänderungen der Körperchen, wie sie bei und nach der Injektion entstehen, eine längere Zeit zur Rückbildung brauchen als die gesetzte Gleichgewichtsstörung im Blut. Man hätte somit in dem Zustand der Innenkolben der Körperchen ein Maß der im Versuch erzielten Störung der Blutkonstanten. Wie bereits weiter oben gesagt, sind diese Deformierungen der Körperchen die Folge von extremen Versuchsbedingungen, von künstlich erzwungenen pathologischen Zuständen, wie sie sonst zu keiner Zeit bei irgendeiner Krankheit vorkommen. Trotzdem findet man diese deformierten Körperchen in ganz gesunden Katzen! Man muß sich also mit *Schade* vorstellen, daß schon kleine Schwankungen des osmotischen und besonders des onkotischen Druckes, die aber gehäuft auftreten, sich in ihrer Wirkung addieren und auf diese Weise zu bleibenden Formänderungen der Körperchen führen können.

Die Funktion der Lamellenkörperchen.

Zuerst noch kurz eine Zusammenstellung der wichtigsten Punkte der Versuchsergebnisse. Wie schon von *Schade* gefunden, „passen sich exstirpierte *Vater*sche Körperchen sehr schnell der umspülenden Flüssigkeit im osmotischen Verhalten an, sie schrumpfen in hypertonischen Lösungen und schwellen in hypotonischen Lösungen". Dagegen werden die Körperchen, wie die einzelnen Versuche zeigen, nicht durch eine Änderung des onkotischen Druckes in der umgebenden Flüssigkeit beeinflußt. Erst bei Durchspülung der Körperchen mit Lösungen von erhöhtem oder erniedrigtem onkotischen Druck zeigen sie das gleiche Verhalten wie bei Änderung des osmotischen Druckes in der Außenflüssigkeit; bei Hyperonkie des Blutes schrumpfen sie, bei Hypoonkie schwellen sie. Eine künstliche Veränderung des osmotischen Druckes im lebenden Tier ist sehr schwer für länger zu erreichen. Ein solcher Versuch, die Körperchen nur vom Gefäßsystem aus osmotisch zu beeinflussen, ist auch nicht nötig; aus folgender Überlegung heraus sogar unmöglich: Die Wände der Capillaren sind nach den Untersuchungen von *Schade* und anderen dialytische Membranen, so daß der osmotische Druck im Blut und Gewebe gleich ist; man kann somit nicht im Blut allein den osmotischen Druck verändern. Eine osmotische Welle muß die Körperchen von der Seite des Bindegewebes her treffen, um eine Formänderung zu bewirken. Daher genügen die Versuche, die das osmotische Verhalten der exstir-

pierten Körperchen prüfen. Die Ergebnisse können also auf die Verhältnisse im lebenden Körper übertragen werden.

Dann wäre an folgende Tatsachen zu erinnern: In der Tierreihe findet man die ersten Lamellenkörperchen bei den Reptilien. Gleichzeitig findet man den osmotischen Druck von den Reptilien aufwärts konstant und annähernd gleich. Weiter Einiges über die Topographie der *Vater-Pacini*schen Körperchen, wie schon von *Schade* besonders hervorgehoben wurde. Die Körperchen liegen alle im Bindegewebe, „dem Hauptorgan der osmotischen Austauschregulierung, völlig ubiquitär mit diesem im ganzen Körper verbreitet" *(Schade)*; weiter findet man sie meist in der Nähe der Blutgefäße, und es fällt die innige Beziehung zu diesen und die gute Gefäßversorgung der Körperchen selbst auf. Die *Vater-Pacini*schen Körperchen haben hiernach höchstwahrscheinlich eine Aufgabe, deren Lösung für alle Teile des Körpers gleich wichtig ist.

Und mit der Bestätigung der Versuche von *Schade* und dessen bereits dargelegter Auffassung über die Funktion der *Vater-Pacini*schen Körperchen und mit den Ergebnissen der weitergehenden Versuche dieser Arbeit kann als Aufgabe der Lamellenkörperchen bezeichnet werden: Konstanterhaltung des osmotischen und onkotischen Druckes im Blut in der Art, daß sie bei einer Gleichgewichtsstörung dieser Kräfte im Blut oder Gewebe eine entsprechende Regulation auf neurogenem Weg auslösen.

Daß die *Vater*schen Körperchen sehr gut einen Vergleich mit einem Osmometer bestehen, darüber dürfte schon von *Schade* kein Zweifel gelassen sein. Und durch die äußerst reichliche Gefäßversorgung — nur zu Ernährungszwecken wären es wirklich sehr reichlich — erhalten die Körperchen dialytische Membranen und sind dadurch geeignet, auch als Onkometer zu dienen. Diese zu Tausenden vorhandenen kleinen sensiblen Organe geben also dem Körper durch ihren Quellungszustand dauernd den Stand des osmotischen und onkotischen Druckes an; sie sind „nach innen gerichtete Geschmacksorgane" *(Schade)*.

Wenn nun im Bindegewebe eine Anisotonie entsteht, so kann man annehmen, daß die *Vater*schen Körperchen entsprechend reagieren, wie es in den Versuchen der Tabellen 1 und 3 der Fall ist. Aber wahrscheinlicher ist, wie weiter oben schon angedeutet, daß die osmotische Welle das Körperchen gar nicht erreicht, sondern gleich in die Gefäße verschwindet. Denn die Gefäßwände sind dialytische Membranen! Das osmotische Gefälle zwischen Blut und Gewebe ist nicht sehr groß. Wenn aus irgendeinem Grunde auf einer Seite eine Abweichung vom normalen osmotischen Druck auftritt, so ist der Ausgleich durch Dialyse sofort gegeben. Blut und Bindegewebe ist das Gebiet des osmotischen Druckes, und erst, wenn in beiden Organsystemen eine Tendenz zum

Ansteigen oder Absinken des osmotischen Druckes vorhanden ist, wird diese Schwankung das Lamellensystem der Körperchen treffen und durch Erregung des zentralen Nerven reflektorisch einen Ausgleich herbeiführen.

Im Gegensatz zum osmotischen ist der onkotische Druck auf das Gefäßsystem beschränkt; eine Beeinflussung der *Vater*schen Körperchen durch onkotische Druckschwankungen kommt somit nur vom Gefäßsystem her in Frage. Und diese Möglichkeit, diese Berührungsfläche ist in der bereits oben hervorgehobenen reichlichen Gefäßversorgung gegeben. Alle Versuchsergebnisse der Tabellen 5, 6 und 7 liegen in derselben Richtung: Eine Änderung des onkotischen Druckes in der Außenflüssigkeit hat keine Formänderung der Körperchen zur Folge; aber auf eine Änderung des onkotischen Druckes im kreisenden Blut reagieren die Körperchen entsprechend. Schon *Herbst* fand die Körperchen „sehr groß und ausgedehnt bei Vermehrung der Blutmenge durch Transfusion". Erwähnt sind auch schon die Versuche von *Schumacher*, deren Ergebnisse ebenfalls mehr für die obige Auffassung sprechen dürften als für *Schumachers* Erklärung. Als weiteren Beweis möchte ich nicht versäumen, folgenden Satz von *Schade* anzuführen: „Gegenüber der starken osmotischen Druckänderung der isolierten Körperchen bei direkter Milieubeeinflussung und gegenüber der starken Änderung der Körperchen in situ bei Gefäßdurchspülung von den großen Bauchgefäßen her, war stets der relativ geringe Effekt auffallend, den eine Milieubeeinflussung durch Injektion zwischen die Blätter des Mesenteriums bei erhaltener Zirkulation in den Blutgefäßen hervorbrachte." Also, wie schon mehrfach betont, eine osmotische Änderung der exstirpierten Körperchen bei direkter Milieubeeinflussung und, wie in den Versuchen der Tabellen 6 und 7, eine onkotische Änderung der Körperchen in situ bei Beeinflussung vom Gefäßsystem her: aber eine osmotische Druckschwankung im Gewebe verschwindet bei erhaltener Zirkulation sehr schnell in die Blutgefäße, ohne eine merkliche Wirkung auf die *Vater*schen Körperchen auszuüben.

Ebenfalls ist der schon von *Schade* regelmäßig erhobene Befund an den *Vater-Pacini*schen Körperchen bei starker Diarrhoe der Katzen nochmals zu erwähnen. Der lang andauernde Wasserverlust hat eine Hyperonkie im Blut zur Folge, und diese bewirkt eine Deformierung der Körperchen, wie sie analog bei dem künstlich erzeugten Zustand der Hyperonkie gefunden ist. Daß bei Exsikkation wirklich ein erhöhter onkotischer Druck vorhanden ist, wird unter anderem auch von *P. Meyer* bestätigt, der z. B. bei einer Frau, die an außerordentlich starkem Erbrechen litt, den onkotischen Druck zu 72 cm Wassersäule bestimmte.

Man muß annehmen, daß die Funktion der *Vater-Pacini*schen Körperchen dem Organismus nicht zum Bewußtsein kommt; ebensowenig

wie die ausgelösten Regulierungsvorgänge vom Willen und Bewußtsein beeinflußbar und kontrollierbar sind. Es wäre nun sehr interessant und wichtig zu wissen, welche Verbindungen zwischen den *Vater-Pacini*schen Körperchen und der Niere als Hauptregulator des onkotischen Druckes, weiter zu den Lungen, der Leber und zu den endokrinen Drüsen, also zu allen Organen, die wichtig für den Wasserhaushalt des Körpers sind, bestehen *(Schade)*. Daß ebenfalls eine Brücke zu Allgemeingefühlen vorhanden ist, besonders zum Durst, dürfte mehr als wahrscheinlich sein. Man kann sich sehr gut folgendes vorstellen: Der Gefahr der Hypotonie und der Hypoonkie kann der Körper selbst begegnen durch Wasserabscheidung (Lungen, Nieren, Haut), ohne daß er nötig hätte, das Bewußtsein erst zu „belästigen". Aber der Gefahr der allgemeinen Hypertonie und Hyperonkie kann der Körper mit dem ihm zur Verfügung stehenden Wasservorrat auf die Dauer nicht Herr werden. Es muß dann das sehr eindringliche, subjektive Bedürfnis der Wasseraufnahme geweckt werden, der Durst.

Zusammenfassung.

1. Die Ergebnisse der Versuche mit exstirpierten Lamellenkörperchen bestätigen den von *H. Schade* bereits vor etwa 20 Jahren erhobenen Befund des osmotischen Verhaltens: Die Lamellenkörperchen quellen in hypotonischen und entquellen in hypertonischen Salzlösungen.

2. In weiteren Versuchen wird gezeigt, daß die Lamellenkörperchen auf die onkotischen Abweichungen des Blutes, auf Hypo- und Hyperonkie, reagieren.

3. Anatomie, Topographie, ontogenetische und phylogenetische Entwicklung und vorliegende Versuchsergebnisse sprechen demnach dafür, den Lamellenkörperchen als Funktion die Regulierung des osmotischen und onkotischen Druckes im Gewebe und Blut zuzuweisen.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. *Schade* für die Überlassung der Arbeit und die freundliche Unterstützung auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank sagen zu dürfen.

Literaturverzeichnis.

Clara, M.: Über den Bau des Schnabels der Waldschnepfe. Zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der *Herbst*schen Körperchen und zur Funktion der Lamellenkörperchen. Z. mikrosk.-anat. Forsch. **3**, H. 1, 2 (1925), Leipzig. — *Hartenstein, J.:* Die topographische Verbreitung der *Vater*schen Körperchen beim Menschen. Inaug.-Diss. Dorpat 1889. — *Herbst, Gustav:* Die *Pacini*schen Körper und ihre Bedeutung. Ein Beitrag zur Kenntnis der Nervenprimitivfasern. Göttingen 1848. — *Krause, W.:* Die terminalen Körperchen der einfach sensiblen Nerven. Hannover 1860. — *Meyer, P.:* Der kolloidosmotische Druck biologischer Flüssigkeiten. Erg. Physiol. **1932**, München. — *Rauber, A.:* *Vater*sche Körperchen der Bänder

und Periostnerven und ihre Beziehung zum sog. Muskelsinne. Inaug.-Diss. Neustadt a. d. H. 1865. — *Rauber-Kopsch:* Lehrbuch und Atlas der Anatomie des Menschen, Abt. 1, S. 209. Leipzig 1923. — *Ramström, M.:* Anatomische und experimentelle Untersuchungen über die lamellösen Nervenendkörperchen im Peritoneum parietale des Menschen. Anat. Hefte Abt. 1, Bd. 36. Wiesbaden 1908. — *Schade, H.:* Die physikalische Chemie in der inneren Medizin. Dresden und Leipzig 1923. — Wasserstoffwechsel. Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere von *C. Oppenheimer,* Bd. 8. Jena 1924. — *Schade, H., F. Clausen* und *M. Birner:* Die Onkodynamik der Capillaren und ihre Anwendung auf klinische Fragen. Z. klin. Med. **108**, H. 5—6 (1928), Berlin. — *Schumacher, S. v.:* Über das Glomus coccygeum des Menschen und die Glomeruli caudales der Säugetiere. Arch. mikrosk. Anat. **71** (1907). — Beiträge zur Kenntnis des Baues und der Funktion der Lamellenkörperchen. Arch. mikrosk. Anat. **77** (1911).

Lebenslauf.

Am 19. August 1907 wurde ich, Richard Kiel, in Dauerhof in Holstein als Sohn des Meiereiverwalters Karl Kiel geboren. Ich besuchte die Realschule in Eckernförde; an derselben Schule, die 1923 als Reform-Realgymnasium ausgebaut wurde, bestand ich Ostern 1926 die Reifeprüfung. Vom Sommersemester 1926 an war ich vier Semester, bis zum Physikum in Tübingen; von den klinischen Semestern verbrachte ich je eins in Köln und Wien, die restlichen in Kiel. Hier beendete ich im August 1931 das medizinische Staatsexamen. Danach habe ich vier Monate als Medizinalpraktikant auf einer inneren Abteilung des Städtischen Krankenhauses Kiel gearbeitet. Seit dem 15. Dezember bin ich im Institut für physikochemische Medizin der Universität Kiel.